

Pompe di calore ad alta temperatura:

applicazioni reali e integrazione nei sistemi energetici

Federica Casati, Responsabile Marketing di 2G Italia



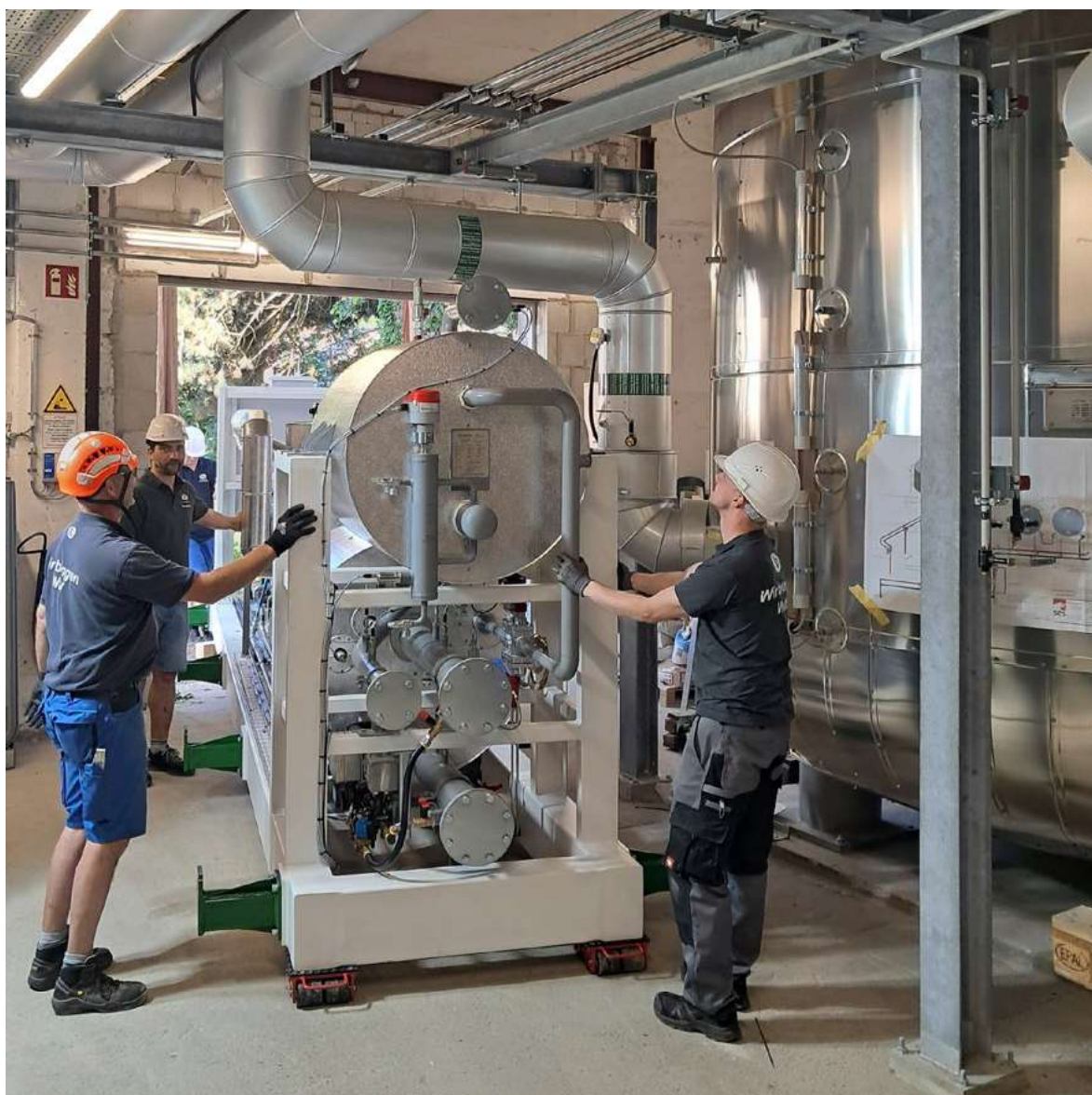
Negli ultimi anni le pompe di calore ad alta temperatura hanno iniziato a trovare uno spazio sempre più concreto in ambito industriale e nelle reti di teleriscaldamento. Non si tratta più solo di una tecnologia promettente, ma di una soluzione che, in contesti dove sono disponibili sorgenti termiche a bassa temperatura e profili di carico stabili, può essere adottata con risultati misurabili e replicabili.

Il punto chiave è la capacità di lavorare a livelli di temperatura compatibili con applicazioni esistenti. Molti processi industriali e diverse reti termiche richiedono acqua calda ben oltre i 70 °C: fino a pochi anni fa questo rappresentava un limite tecnico rilevante, mentre oggi è possibile raggiungere e gestire temperature nell'ordine degli 80–90 °C con configurazioni consolidate e affidabili nel tempo.

A rendere possibile questa evoluzione non è solo il miglioramento delle macchine, ma anche un diverso modo di guardare ai flussi energetici disponibili. In molti contesti industriali esistono flussi termici re-

siduali che vengono dissipati nonostante abbiano ancora un contenuto energetico utilizzabile. Può trattarsi, ad esempio, di ritorni termici di processo, acqua calda proveniente da circuiti industriali oppure di calore presente nell'ambiente e disponibile attraverso l'aria, l'acqua o altre sorgenti a bassa temperatura. Nei casi presentati in questo articolo, le pompe di calore sfruttano principalmente il calore disponibile nell'aria e non il recupero termico proveniente dai cogeneratori.

Le pompe di calore industriali lavorano proprio su questo principio: trasferire energia termica da una sorgente a tem-



peratura più bassa a un livello più alto, rendendola riutilizzabile. In condizioni favorevoli, i coefficienti di prestazione possono superare valori di 4. Questo significa che, per ogni unità di energia elettrica assorbita, è possibile rendere disponibili più unità di energia termica.

Un aspetto spesso sottovalutato riguarda la scelta dei refrigeranti. L'impiego di fluidi naturali come ammoniaca e propano, sempre più diffuso nelle applicazioni industriali, consente di ridurre l'impatto ambientale e di anticipare vincoli normativi che, nel medio periodo, diventeranno più stringenti.

Integrazione nei sistemi energetici

Guardare alla pompa di calore come a un semplice generatore termico rischia di essere riduttivo. I risultati più interessanti si osservano quando questa tecnologia viene inserita in un sistema energetico integrato, dove le diverse fonti sono gestite in modo coordinato.

In molti impianti, ad esempio, la cogenerazione continua a svolgere un ruolo importante nella copertura del carico di base, garantendo continuità e produzione combinata di energia elettrica e calore. La pompa di calore può affiancarsi a questa logica, lavorando in modo complementare: recupera calore a bassa temperatura, modula la produzione e contribuisce a ridurre il fabbisogno complessivo di combustibili.

Questa integrazione non è solo una questione di efficienza energetica, ma anche di gestione operativa. La possibilità di utilizzare energia elettrica prodotta localmente o disponibile in determinati momenti consente di evitare picchi di assorbimento dalla rete e di rendere più stabile il funzionamento dell'intero sistema. In presenza di accumuli termici, inoltre, è possibile disaccoppiare produzione e utilizzo del calore, aumentando la flessibilità dell'impianto.

Caso studio 1 – Erkner: rete di teleriscaldamento integrata

Un esempio concreto di questo approccio è rappresentato dall'impianto realizzato a Erkner, in Germania, dove è stata installata una soluzione integrata fornita da ZG per il sistema di teleriscaldamento locale.

L'intervento ha previsto la combinazione di un'unità di cogenerazione alimentata a biometano con due pompe di calore ad alta temperatura. Il cogeneratore, con una potenza di circa 360 kWe e 400 kWt, copre il carico di base e produce energia elettrica che viene in parte utilizzata per alimentare le pompe di calore.

Il sistema di pompe di calore, con una potenza complessiva di circa 530 kWt, lavora su una configurazione a stadi: una macchina aria-acqua e una acqua-acqua operano in serie, sfruttando il calore disponibile nell'ambiente e portando l'acqua della rete di teleriscaldamento fino a circa 85 °C. L'integrazione con un accumulo termico permette di gestire le variazioni di carico e di migliorare la continuità operativa.

Il risultato è un incremento significativo della quota di energia rinnovabile nel sistema di teleriscaldamento, passata da valori trascurabili a oltre il 50%. Un aspetto interessante riguarda anche l'impatto sulla rete elettrica: l'utilizzo dell'energia prodotta localmente riduce la necessità di prelievi aggiuntivi e contribuisce a evitare sovraccarichi.

Dal punto di vista operativo, l'impianto consente anche una gestione più flessibile dei carichi stagionali. Nei periodi di mezza stagione, ad esempio, la pompa di calore può coprire una quota maggiore della domanda, mentre nei picchi invernali la cogenerazione garantisce la continuità del servizio.

Caso studio 2 – Papenburg: integrazione elettrico-termica su scala industriale

Un secondo esempio, sempre relativo a un'installazione 2G, è il progetto "Hafenwärme Papenburg" in Germania, che rappresenta un'applicazione su scala industriale particolarmente significativa per comprendere il ruolo delle pompe di calore all'interno di configurazioni multi-tecnologia.

L'impianto nasce con un obiettivo preciso: collegare in modo operativo produzione elettrica da fonti rinnovabili e domanda

termica locale, superando una logica di funzionamento separata tra i due settori. Il risultato è un sistema integrato che combina diverse tecnologie: quattro pompe di calore da circa 700 kWt ciascuna, quattro cogeneratori (due di taglia maggiore e due di taglia più contenuta), un sistema power-to-heat da 2.750 kWt e un accumulo termico da 5 milioni di litri.

Nel complesso, l'impianto raggiunge una potenza termica di circa 9 MWt e una potenza elettrica di 10 MWe. Le pompe di calore contribuiscono alla produzione di calore rinnovabile sfruttando fonti di energia presenti nell'ambiente, mentre la cogenerazione garantisce flessibilità



e continuità operativa. Il sistema power-to-heat svolge invece una funzione strategica: utilizzare l'energia elettrica in eccesso, tipicamente proveniente da impianti eolici o fotovoltaici, convertendola in calore invece di limitarne la produzione.

È qui che il sistema mostra il suo valore. In condizioni di sovrapproduzione elettrica, anziché ridurre l'immissione in rete, l'energia viene assorbita e valorizzata termicamente, contribuendo sia alla stabilità del sistema elettrico sia alla copertura del fabbisogno di calore. La presenza dell'accumulo consente inoltre di disaccoppiare i tempi di produzione e utilizzo, rendendo il sistema più flessibile.

Il calore prodotto viene distribuito attraverso una rete di circa tre chilometri a utenze del settore orticolo, che in precedenza utilizzavano principalmente carbone per la generazione termica. Il passaggio a questo sistema ha quindi un impatto diretto non solo sull'efficienza, ma anche sulle emissioni.

Dal punto di vista energetico, i volumi annuali previsti sono rilevanti: circa 30 milioni di kWh di energia elettrica e 40 milioni di kWh di energia termica. Numeri che danno la misura della scalabilità di questo tipo di approccio.

Aspetti progettuali

L'adozione di pompe di calore ad alta temperatura richiede comunque alcune valutazioni preliminari. Il primo elemento riguarda il salto termico: maggiore è la differenza tra la temperatura della sorgente e quella richiesta in uscita, minore sarà il rendimento della macchina.

Un secondo aspetto riguarda il costo dell'energia elettrica. In assenza di pro-

duzione locale o di condizioni contrattuali favorevoli, l'equilibrio economico può risultare meno vantaggioso. È per questo che molte applicazioni prevedono soluzioni ibride, in cui la pompa di calore lavora insieme ad altre tecnologie.

Va considerata anche la disponibilità e la stabilità delle fonti di calore. Flussi discontinui o troppo variabili possono ridurre le ore equivalenti di funzionamento della macchina e incidere sulla redditività dell'investimento. In questi casi, l'integrazione con sistemi di accumulo o con altre fonti diventa ancora più importante. Infine, l'inserimento in impianti esistenti richiede un'analisi accurata. Non sempre è possibile intervenire senza modifiche: la configurazione delle utenze, le temperature di ritorno e i profili di carico influenzano in modo diretto le prestazioni ottenibili.

Considerazioni finali

Le pompe di calore ad alta temperatura rappresentano oggi una soluzione concreta per intervenire sui consumi termici, in particolare nei contesti industriali e nelle reti di teleriscaldamento. I risultati più interessanti emergono quando la tecnologia viene inserita in un sistema energetico integrato, capace di combinare diverse fonti e di adattarsi alle variazioni operative.

Per chi si occupa di energy management, la questione non è tanto se installare o meno una pompa di calore, ma capire in quale punto del sistema può generare il maggior valore. È una valutazione che passa da dati reali di impianto, analisi dei profili di carico e disponibilità delle fonti termiche. Quando questi elementi sono chiari, i risultati diventano prevedibili anche dal punto di vista economico.